

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ РОСТА И ФАЗООБРАЗОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ Ti-Cr-Ni-Mo-N

Черногор А.В.

Национальный исследовательский технологический университет
«МИСиС»

E-mail: av_chernogor@live.com

Научный руководитель: Блинков И.В.,
д.т.н., профессор Национального исследовательского технологического
университета «МИСиС», г.Москва

Известно, что помимо природы материалов покрытия, огромную роль на их свойства оказывает структура покрытий. В данной работе изучались процессы фазообразования и структура arc-PVD покрытий Ti-Cr-N, Ti-Cr-Ni-N и Ti-Cr-Ni-Mo-N на основе нитридов хрома и титана, характеризующиеся высокой износостойкостью, нитрида молибдена, который при окислении образует фазу с низкой сдвиговой прочностью, а также никеля не склонного к образованию нитридов.

Покрытия 1-ой и 2-ой серии характеризуются столбчатой структурой на основе $(\text{Ti,Cr})\text{N}_x$ с областями, обогащёнными титаном и хромом, формирование которых связано с вращением подложки относительно испаряющихся катодов из этих металлов. Согласно ПЭМ, покрытия характеризуются плотной столбчатой структурой, зёрна которой имеют размеры $\sim 0,7$ мкм и диаметром до $0,4$ мкм. Помимо этого, значительная доля зёрен имеет высокую плотность дислокаций, появление которых вызвано бомбардировкой растущего покрытия частицами с энергией >150 эВ. Образцы второй серии характеризуются меньшим размером зёрен, что связано с «примесным торможением» роста зёрен нитрида титана за счёт сегрегации никеля на их границах. Наблюдаемый с этим рост сжимающих макронапряжений с $6,7$ до $9,7$ ГПа при введении никеля связан с увеличением сопротивления пластической деформации с $0,06$ до $0,25$ ГПа.

В покрытиях Ti-Cr-Ni-Mo-N наряду со сложным нитридом $(\text{Ti,Cr})\text{N}_x$ формируется субслои $\gamma\text{-Mo}_2\text{N}$, который препятствует растворению фаз-слоёв нитридов титана и хрома, и, как следствие, покрытия имеют плотную многослойную структуру с толщиной бислоя 47 нм. Значительное снижение сжимающих макронапряжений до значений $0,6$ ГПа может быть связано с уменьшением концентрации титана по отношению к хрому в покрытиях третьей серии, приводящее к снижению температуры плавления основной фазы покрытия – $(\text{Ti,Cr})\text{N}$. Это одновременно способствует увеличению гомологической температуры процесса осаждения, что определяет повышение вероятности релаксационных процессов снижения макронапряжений за счёт возрастающей подвижности дефектов структуры.